

土壤水分の迅速測定法に就て

農學博士

板野新夫

松浦章

(一) 緒言

土壤水分の測定は普通實驗に於ては Over-dry method に依つて居るのであるが其の操作簡單なるに比し長時間を要して實驗の目的上不便を感じる場合が少なくない。殊に微生物學的研究には迅速を要することが多いのである。この缺點を補ふために⁽¹⁾電氣的測定法⁽²⁾Dilatometer method 等があるも其の設備操作の上に不便の點が多きのみでなく技術上熟練を要する爲に未だ一般に推奨することが出来ない。

余等は偶々土壤水分を迅速且つ簡易に測定する必要に迫られたので本研究に着手したのである。

本法は Hydrometer method であつて既⁽³⁾ Bouyoucos 氏千九百二十六年に發表して居る方法に多少の改良を加へたるものである。

(二) 測定の原理及方法

本法の原理は至極簡單にして既知の濃度を有するアルコールを以て供試土壤中の水分を浸出しアルコールの稀釋度を土壤水分の迅速測定法に就て

比重により測定をなしそれより水分を算出するのである。

- (4) Bouyoucos 氏は千九百二十七年にエチル・アルコールを使用して、同氏の考案による特別の比重計（一度盛は水〇・七一四に相當し温度攝氏一度變化する毎に〇・二%のアルコールの増減がある）にて測定することゝを發表した。更にその翌年に⁽⁵⁾同氏はエチル・アルコールよりもメチル・アルコールが脱水力強く本法に適することゝを報告して居る。
- (6) Smith, Flint 兩氏は千九百三十年にエチル、メチルの兩アルコールを使用してつゝも正確度に於ては Oven-dry method に及ばないが土壤組織の粗なるものは密なるものよりもその結果は良好であつてアルカリ鹽の多き土壤は誤差が大であることゝを發表して居る。

茲に紹介する方法は極めて簡單で器具としては普通實驗室に備品として存在するものにて充分である。即ち百分の一度盛の比重計、一〇〇cc. 容の刻度玻璃圓筒、二〇〇cc. 容三角瓶、濾斗、五〇cc. 容試験管、乾燥濾紙等である。測定するには先づ供試土壤の一定量（普通一〇〇瓦水分多き土壤は五〇瓦）を約二〇〇cc. 容三角瓶に採りて濃度既知のアルコール一〇〇cc. を加へて五分間激しく振盪し土塊を碎く若しも粉碎困難なる場合は硝子棒にて攪拌し後時々振盪しつゝ十分間放置して乾燥濾紙にて濾過し、濾液は約五〇cc. 容の試験管に採り注意して比重を測定する一方その時の温度を觀測して⁽⁷⁾Thorpe 氏に據る表（便宜上附録第一表として轉載す）により比重を華氏六〇度（攝氏十五、五六度）に換算して更に Thorpe 氏の修正表より算出して本法に適用する様に製作した表（附録第二表）によりその比重に相當する水分を見出し其の水分量から使用したるアルコール中の水分を減じたるものが土壤中の水分量となるのである。

本法に於て供試土壤と同量のアルコールを使用した時は表中の數字は直に水分の百分率を示すものである。

例、供試土壤百瓦に九十六%アルコール一〇〇ccを加へ比重を測定したるに〇・八四七、その時の温度は攝氏二十三、五度とする。この比重を攝氏十五、五六度に換算する次の如くなる。

$$0.847 + 0.00083 \times (23.5 - 15.56) = 0.853502 \dots \dots 0.8535$$

但し0.00083は温度修正係数にて附録一表より求む。

この比重〇・八五三六に相當する水分を附録第二表より求めるに二・三〇六%となる。更に使用アルコール中の水分四・〇%を減ずるに一・八三〇六%即ち土壤水分量を得ることが出来る。若し無水アルコールを使用したる時は表から求めた二・三〇六%は直に土壤水分量を示すものである。

(三) 實 驗

1. Oven-dry method と本法との比較

從來最も正確として廣く採用されて居る Oven-dry method と本法との比較をなさんがために水田、畑地、荒地等土質の異つた新鮮土、乾燥土、更に乾燥土中に粗なるものと細微なるもの等二〇種類を用ひて水分を測定したる結果次表の通りである。但し供試土壤は Oven-dry method は約一〇瓦を用ひ Hydrometer method は普通百瓦水分多き土壤は五〇瓦を使用しこれに無水アルコール一〇〇ccを加へたのである。尚同時にアルコールに溶解する固形物の量を測定したのである。

No	Property of soil	Percentage of moisture			% Solid matter
		Hydrometer method	Over-dry method	I fference	
1	dried fine soil	2.610	2.249	+ 0.361	0.0036
2	" "	2.610	2.354	+ 0.256	0.0084
3	dried coarse soil	3.079	3.101	- 0.031	0.0048
4	Sand	12.210	11.581	+ 0.629	0.0064
5	Loam	21.030	21.601	- 0.571	0.0092
6	Sandy loam	31.110	31.500	- 0.390	0.0112
7	Sand	8.630	8.463	+ 0.227	0.0056
8	Sandy loam	20.260	20.615	- 0.355	0.0060
9	Sand	15.100	14.419	+ 0.681	0.0084
10	Loam	18.030	18.690	- 0.660	0.0066
11	Sandy loam	21.790	22.915	- 1.125	0.0090
12	Clay	36.700	37.811	- 1.111	0.0196
13	Sand	10.545	10.639	- 0.094	—
14	Sandy loam	20.270	21.388	- 1.118	—
15	Clay	24.870	23.333	+ 1.537	—
16	Loam	28.750	29.638	- 0.888	—
17	Sandy loam	9.380	8.856	+ 0.524	—

18	"	21.030	21.382	- 0.352	—
19	Loam	23.030	23.554	- 0.224	—
20	Sandy loam	28.190	27.497	+ 0.693	—

注 意 (+) は Oven-dry method より Hydrometer method の方が大で (-) はこの反対を示すものとす。

以上の表によりて見るに概して Hydrometer method の Oven-dry method の結果はよく一致して最も誤差の甚だしきは十五の粘土で一・五三七%の差異を生じて居るも一・〇%以上のものは極めて稀である。一般に水分量多き粘土質の土壤は誤差が比較的大である。尙固形物は甚だ微量であつた。

二、浸出時間の影響

アルコールは有機物質に對する溶解力は大であるが一般無機物に對しては比較的弱いのである。土壤水分の測定をなすに理想としては水分のみを吸収して他の物質を溶解しないものが望ましいのであるがそれは至つて困難なる問題であるからこの原因により起る誤差を少なくする爲に本法に於てはアルコールによる浸出時間を吟味する必要がある。前記方法により土質の異つた土壤六種類を以て五分間激しく振盪したるものと其の後時々振盪しつつ十分、二十五分、五十分五分間放置したるもの即ち浸出時間五分、十五分、三十分、一時間に分けて測定を行ひ Oven-dry method に比較し同時にアルコール中に溶解する固形物の定量をなしたる結果は次表の通りであつた。

第 二 表

土壤水分の迅速測定法に就て

No	Property of Soil	Name	Oven-dry method	Extracting time			
				5min.	15min.	30min.	1hr.
1	fresh loam	moisture	23.900	21.030	21.842	22.175	24.100
	"	solid matter	—	0.0072	0.0077	0.0082	0.0120
2	fresh sandy loam	moisture	21.545	20.170	21.238	21.780	21.790
	"	solid matter	—	0.0060	0.0063	0.0068	0.0104
3	dried fine soil	moisture	2.526	2.610	2.610	3.270	4.260
	"	solid matter	—	0.0040	0.0072	0.0102	0.0112
4	fresh sand	moisture	11.349	11.490	11.850	12.210	12.930
	"	solid matter	—	0.0048	0.0060	0.0080	0.0104
5	fresh clay	moisture	18.338	16.195	17.660	18.770	19.895
	"	solid matter	—	0.0044	0.0048	0.0050	0.0060
6	dried coarse soil	moisture	2.125	1.950	1.950	2.610	2.940
	"	solid matter	—	0.0060	0.0062	0.0076	0.0090

右の表によりて見るに一般に水分多きものは浸出時間を多く、水分少なきものは短時間でよく、粘土は砂土よりも長時間を要す。固形物は浸出時間に應じて次第に増加する。要するに一般五分間激しく振盪して十分間放置すれば多くの場合あまり誤差もない様である。水分の少なき砂土や細微の乾燥土は五分間振盪したるだけにて比較的正確なる結果を

舉げて居る。水分多きものは三十分間以上も浸出する必要がある。本結果によりて見るに一時間浸出したるものも良成績を舉げて居る。然し本法の目的は迅速を旨とするのであるから寧ろあまり誤差のない浸出時間の十五分間を適當に認め一般測定に採用することとした。

最近⁽⁸⁾ Bouyoucos 氏はこの水分測定所要時間を輕鬆土は五分間重粘土は十二分間を必要とすることを報告して居る。

三、アルコール濃度の影響

アルコールの濃度の高き程脱水力の大なることは明かであるが本法に使用し得る濃度の限界を決定することは實際に使用する上に重要なことと思ふ。次に三種の土壤に濃度の異なる四種のアルコールを使用して測定したる結果を示さむ。

第 三 表

Property of Soil	Over-dry method	Hydrometer method			
		absolute alcohol	90.863% alcohol	84.337% alcohol	79.734% alcohol
dried fine soil	2.672 %	3.124 %	2.138 %	1.789 %	1.327 %
Rice field	25.389	24.332	23.896	18.346	16.404
Farm soil	15.426	16.050	15.235	12.869	12.148

以上の表を見るに九〇・八六三%アルコールにて測定したる結果は比較的良好であるが八四・三三七%アルコールを用

ひたる場合は誤差は甚だ大で到底測定のに供することは出来ない。故に本法に使用出来得るアルコールは九〇%以上の濃度を有するものでなくてはならぬ。

次に一度測定に使用したるアルコールを再蒸溜して得た九〇・一六〇%のアルコールにて測定したる結果次の如くである。

第 四 表

Property of Soil	Oven-dry method	Hydrometer method	
		Absolute alcohol	90.160% alcohol
Rice field soil	24.117 %	24.765 %	25.166 %
Farm soil	16.960	17.470	17.022
dried fine soil	4.923	4.925	3.984

本結果により再蒸溜して得たるアルコールも九〇%以上の濃度を有する時は比較的良好結果を得る事を證することが出来る。

四、供試土壌ミアルコールミの比率

供試土壌ミアルコールミの比率は「一」が水分を算出する上に非常に便利であるが實際測定上「二」にては脱水力不足して充分なる結果を擧げ得ないことがある。

純アルコールを使用して種々の比率の「二」に土壌の水分を測定したる結果は次表の如くである。

第五表

No.	Oven-dry method	Soil-alcohol ratio			
		1 : 1/2	1 : 1	1 : 2	1 : 5
1	% 2.558	—	% 3.090	% 3.408	% 4.725
2	22.402	17.201	21.855	21.408	25.925
3	27.509	16.989	26.695	26.781	27.880
4	28.458	16.670	27.030	27.554	27.675
5	27.859	16.669	26.403	26.820	27.245

第五表の示す如く「二」に即ち土壤「一」に對し二分の一のアルコールを使用したものは問題にならないが他の場合は一長一短であつて水分の多き土壤は「一」に又は「一五」が適するも水分の少なきものは「一二」の方が成績良好である。要するに水分含量二〇%以内なる時は「二」に其れ以上は「一二」又は「一五」にするが安全と思はれる。

五、エチル・アルコールとメチル・アルコールの比較

本實驗に使用したアルコールは前記の如くエチル・アルコールであるが茲に Bouyoucos 氏の推奨して居るメチル・アルコールを使用して其の結果を比較して見るに次の通である。

第六表

No	Oven-dry method	Hydrometer method	
		Ethyl alcohol	Methyl alcohol
1	2.558	2.750	2.828
2	2.427	2.585	2.723
3	21.674	20.825	21.332
4	25.547	24.665	24.935
5	26.671	25.238	24.982
6	30.805	29.840	28.978

本表を見るに二者の間に正確度にあまり大差がないメチル・アルコールは一般にエチル・アルコールよりも高價であるから寧ろ本法の目的にはエチル・アルコールが適當である。

(四) 總 括

本論文は土壌水分の迅速測定法としてエチル・アルコール使用による Hydrometer method を紹介するものである。其の要旨を摘録するに次の通である。

一、本法は特別の設備、器具並に熟練を要することなく迅速簡単に土壌の水分を測定する事が出来て其の結果も Oven-dry method に及ばないが比較的正確である。

二、本法のアルコール浸出時間は砂質で水分の少ないものは短かく、粘質で水分多きものは長時間を必要とするが普通十五分間位を適當とす。

三、本法に使用するアルコールは九〇%以上でなくてはならぬ。

四、Soil-alcohol ratio は水分少なきものは 1:1 多きものは 1:2 又は 1:5 を適當とす。

五、メチル・アルコールミエチル・アルコールを使用して測定したる結果其の正確度到大差なく本法にはエチル・アルコールを使用するを便とす。

文 献

1. Gardner, F. D., and Briggs, L. J. U. S. Dept. Agr. Bur. Soil Bul. 6, 1897.
2. Bouyoucos, G. J. Jour. Agr. Res. 8 : 195, 1917.
3. " " " Science 64 : 651, 1926.
4. " " " Jour. Amer. Soc. Agron. 19 : 469, 1927.
5. " " " Jour. Amer. Soc. Agron. 20 : 82, 1928.
6. Smith, Alfred and Flint, F. W. Soil Science 29 : 101, 1930.
7. Glazebrook, S. R. Dictionary of Applied Physics p. 14.
8. Bouyoucos, G. J. Soil Science 32 : 173, 1931.

附 録 第 一 表
TEMPERATURE CORRECTIONS
(Thorpe)

Sp. Gr.	Correction for		Sp. Gr.	Correction for	
	1° F.	1° C.		1° F.	1° C.
0.794			0.966		
0.864	0.00046	0.00083	0.967	0.00025	0.00045
0.889	45	81	0.968	24	43
0.902	44	79	0.969	23	41
0.912	43	77	0.970	22	40
0.921	42	76		21	38
0.928	41	74	0.971	20	36
0.935	40	72	0.973	19	34
0.940	39	70	0.974	18	32
0.943	38	68	0.975	17	31
0.946	37	67	0.976	16	29
0.949	36	65	0.977	15	27
0.951	35	63	0.978	14	25
0.953	34	61	0.980	13	23
	33	59	0.981	12	22

0.955	32	58	0.983	0.00011	20
0.957	31	56	0.985	10	18
0.959	30	54	0.987	0.00009	16
0.961	29	52	0.990	8	14
0.962	28	50	0.995	7	13
0.963	27	49	1.000		
0.965	26	47			

使用法：測定時の温度と標準温度即ち60°F(15.56°C)との差を本表より見出したる系数に剩しそれを測定比重に温度の高き時は加へ低き時は減じて標準温度に相當する比重を正確に求めるのである。

附 錄 第 二 表

PERCENTAGE OF MOISTURE CORRESPONDING TO THE SPECIFIC GRAVITY
OF ALCOHOLIC SOLUTION IN AIR AT 60°F. (15.56 °C.)

Sp. Gr.	Moisture %	Sp. Gr.	Moisture %	Sp. Gr.	Moisture %
0.79359	0.000	0.797	1.105	0.801	2.420
0.794	0.130	8	1.430	2	2.750
5	0.455	9	1.760	3	3.090
6	0.780	0.800	2.090	4	3.430

0.805	3.770	0.824	10.310	0.843	18.000
6	4.110	5	10.970	4	18.400
7	4.455	6	11.350	5	18.805
8	4.800	7	11.735	6	19.210
9	5.150	8	12.120	7	19.615
0.810	5.500	9	12.505	8	20.020
1	5.850	0.830	12.890	9	20.425
2	6.200	1	13.275	0.850	20.830
3	6.560	2	13.660	1	21.240
4	6.920	3	14.050	2	21.650
5	7.280	4	14.440	3	22.060
6	7.640	5	14.830	4	22.470
7	8.005	6	15.220	5	22.880
8	8.370	7	15.615	6	23.290
9	8.735	8	16.010	7	23.705
0.820	9.100	9	16.405	8	24.120
1	9.470	0.840	16.800	9	24.535
2	9.840	1	17.200	0.860	24.950
3	10.215	2	17.600	1	25.365

0.862	25.780	0.881	33.765	0.900	41.940
3	26.195	2	34.190	1	42.380
4	26.610	3	34.615	2	42.820
5	27.030	4	35.040	3	43.255
6	27.450	5	35.470	4	43.690
7	27.865	6	35.900	5	44.135
8	28.280	7	36.330	6	44.580
9	28.700	8	36.760	7	45.020
0.870	29.120	9	37.190	8	45.460
1	29.540	0.890	37.620	9	45.905
2	29.960	1	38.050	0.910	46.350
3	30.385	2	38.480	1	46.790
4	30.810	3	38.910	2	47.230
5	31.230	4	39.340	3	47.675
6	31.650	5	39.770	4	48.120
7	32.070	6	40.200	5	48.570
8	32.490	7	40.635	6	49.020
9	32.915	8	41.070	7	49.470
0.880	33.340	9	41.505	8	49.920

土壌水分の迅速測定法に就て

0.919	50.370	0.938	50.350	0.957	69.720
0.920	50.830	9	59.850	8	70.340
1	51.290	0.940	60.350	9	70.975
2	51.750	1	60.855	0.960	71.610
3	52.210	2	61.360	1	72.275
4	52.670	3	61.880	2	72.940
5	53.135	4	62.400	3	73.630
6	53.600	5	62.930	4	74.320
7	54.065	6	63.460	5	75.045
8	54.530	7	64.000	6	75.770
9	55.000	8	64.540	7	76.530
0.930	55.470	9	65.085	8	77.290
1	55.940	0.950	65.630	9	78.075
2	56.410	1	66.190	0.970	78.860
3	56.895	2	66.750	1	79.665
4	57.380	3	67.330	2	80.470
5	57.87)	4	67.910	3	81.235
6	58.360	5	68.505	4	82.100
7	58.855	6	69.100	5	82.925

0.976	83.750	0.985	90.815	0.994	96.690
7	84.570	6	91.540	5	97.260
8	85.390	7	92.230	6	97.830
9	86.200	8	92.920	7	98.380
0.980	87.010	9	93.580	8	98.930
1	87.795	0.990	94.240	9	99.465
2	88.580	1	94.865	1.000	100.000
3	89.335	2	95.490		
4	90.090	3	96.090		

十 鹹水分の迅速測定に法就て